

УДК 630*414.4

И.А. Фрейберг, С.К. Стеценко

(I. A. Freiberg, S. K. Stetsenko)

(Ботанический сад УрО РАН, г. Екатеринбург)



Фрейберг Ирина Александровна родилась в 1925 г. Окончила в 1948 г. Брянский лесохозяйственный институт. Доктор сельскохозяйственных наук профессор. В настоящее время работает в Российской академии наук Ботанического сада Уральского отделения РАН г. Екатеринбурга ведущим научным сотрудником лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования. Имеет 124 печатных публикации по экологии биосистем; изучению действия высокоактивных органических соединений на хвойные растения.



Стеценко Светлана Карленовна родилась в 1966 г. Окончила в 1989 г. Уральский государственный университет. Кандидат биологических наук. В настоящее время работает в Российской академии наук Ботанического сада Уральского отделения РАН г. Екатеринбурга научным сотрудником лаборатории лесовосстановления, защиты леса и лесопользования. Имеет 27 публикаций по экологии биосистем; изучению действия высокоактивных органических соединений на хвойные растения.

ВОЗМОЖНОСТЬ РЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ ЛЕСНЫХ ПИТОМНИКОВ С ПОМОЩЬЮ МИКРООРГАНИЗМОВ (POSSIBILITY OF SOIL REMEDIATION IN FOREST AGROCENOSISES)

Использование пестицидов в лесных питомниках приводит к накоплению в почве их остаточных количеств и метаболитов. Одним из перспективных путей для очистки почвы от пестицидов является их микробиологическое разложение. Приведены результаты опыта по исследованию возможности снижения и ликвидации пестицидной активности путем внесения в почву лесного агроценоза лесной подстилки.

Use of pesticides at cultivation of pine seedlings in forest nurseries results in formation teratomorph seedlings. It's known, that pesticides and their metabolic products can be kept in soil for many years. The perspective way for removing pesticides from soil is their microbiological decomposition. Results of experience on research of an opportunity of decrease and liquidation of pesticidal activity by entering of a forest-litter into forest agrocenosis soil are described.

Многочисленные научные публикации последних десятилетий, посвященные использованию пестицидов, свидетельствуют о том, что во всех странах мира при их применении отмечаются негативные побочные последствия. Это явление делает актуальным изучение отрицательных сторон использования пестицидов [1, 2, 3]. Последнее необходимо для управления их применением. Среди многих негативных побочных проявлений пестицидов обращают на себя внимание два момента. Один – отрицательное воздействие на растения, которые они призваны защищать, и второй – загрязнение окружающей среды и прежде всего почвы.

Наши многолетние исследования реакции сеянцев сосны обыкновенной на комплекс пестицидов, включенных в агротехнику выращивания сеянцев этой породы в лесных питомниках, свидетельствуют прежде всего о влиянии их на морфологию растений и загрязнение почвы пестицидами. Изменение морфогенеза 2-летних растений выражается в формировании двух тератоморфных фенотипов, которые мы назвали условно нормальными и аномальными [4]. Для первых характерно нарушение корреляции органов, для вторых – различное количество дополнительных побегов. По мнению А.А. Федорова [5], нарушение морфоструктур растений является лишь в том случае, когда изменен нормальный обмен веществ в них, что изменяет характер и направление развития активных очагов роста (меристем).

По нашим наблюдениям, то же происходит и с сеянцами сосны. Исследование у тератоморфных сеянцев некоторых физиологических и биохимических показателей, важных для жизнеспособности растений при переносе из питомника в посадку, свидетельствует об отличии таких сеянцев от нормального фенотипа [4]. Вторым проявлением негативных последствий является загрязнение почвы пестицидами и их метаболитами. Своеобразие пестицидного загрязнения заключается в том, что у почвы не изменяется морфология профиля, а также ее химизм и водно-физические свойства, но она приобретает «избирательное плодородие» [6], т.е. то или иное воздействие на организм, зависящее от его генетической природы.

Наряду с инструментальными (физико-химическими) методами в определении загрязнения почвы большое значение придается способам биоиндикации [7]. В ряде случаев важно знать не столько содержание остаточных количеств пестицида, сколько его фитотоксичность. Таким образом, наличие тератоморфных сеянцев сосны также является биоиндикатором, позволяющим судить о пригодности участка для дальнейших посевов этой породы.

В опубликованных работах, связанных с загрязнением среды, отмечается, что естественное очищение почвы от пестицидного загрязнения требует значительного времени — до 10 и более лет после окончания их использования [8, 9]. Таким образом, рассчитывать на быстрое самоочищение почвы от пестицидов не следует.

В настоящее время в проблеме защиты от повреждающего действия пестицидов получили три направления: использование адсорбентов, антидотов и микробиологических средств [10]. Из трех этих направлений мы остановились на возможности разложения пестицидов микроорганизмами [11]. Рассчитывать при этом на использование только чистых культур микроорганизмов, на наш взгляд, не следует. Это в настоящее время достаточно сложная задача, требующая времени для своего решения. Однако накоплены данные, свидетельствующие о возможности трансформации пестицидов под кооперативным воздействием микроорганизмов. Использование этого метода для очистки почв лесных питомников от пестицидов привлекает близостью к ним органического мелиоранта – лесной подстилки. Сбор подстилки производится согласно существующим правилам и не наносит ущерб лесу, а в насаждениях хвойных пород частичное ее удаление положительно отражается на лесовосстановительных процессах [12]. Лесная подстилка насыщена разнообразными микроорганизмами, которые в совокупности обладают широким набором ферментов, способных трансформировать органическое вещество [13], что будет способствовать разложению пестицидов. Этот процесс связан и контролируется гидротермическими условиями, массой разлагающихся растительных остатков и другими факторами. Первый рекогносцировочный опыт, заложенный в лесном питомнике, где активно применялись пестициды, дал положительный результат. Внесение лесной подстилки из смешанного насаждения, представленного сосной и березой, в размере 10 кг/м² обеспечило выход семян нормального фенотипа в доле 23 %, т. е. они составили почти четвертую часть растений в опыте.

Дальнейшие опытные работы проводились в питомнике с дерново-подзолистой среднесуглинистой почвой, плотность пахотного горизонта почвы – 1,03 г/см³, рН солевой вытяжки – 4,9, содержание гумуса – 4,23 %, подвижных калия и фосфора – 1,6 и 5,2 мг на 100 г почвы соответственно, т. е. уровень почвенного плодородия не препятствует выращиванию стандартных семян сосны. Однако в связи с тем, что в питомнике более 20 лет использовался и используется широкий набор пестицидов (2,4-Д, далапон, симазин, ТМТД, фундазол, раундап), почвы питомника характеризуются высоким загрязнением. Об этом свидетельствует морфологическое состояние семян, которые в основном представлены тератоморфными фенотипами – условно нормальным и аномальным.

Целью опытов было исследование влияния на деструкцию пестицидов количества внесенной в почву лесной подстилки (опыт 1) и активности ее микробных сообществ в зависимости от породного состава насаждений (опыт 2). В опытах посев семян и обработка почвы выполнялись теми же способами, что используются в лесных питомниках. Лесная подстилка отбиралась весной и вносилась в пахотный горизонт почвы (5-15 см). Сеянцы выращивались 2 года. На второй год в середине сентября они выкапыва-

лись и сортировались согласно ранее разработанным критериям оценки фенотипов семян сосны [4]. Оценка результатов опыта осуществлялась по морфологическому состоянию 2-летних семян сосны, интенсивности дыхания почвы и активности каталазы (1.11.1.5), которая коррелирует с численностью почвенной микрофлоры [14].

В опыте первом, состоящем из двух вариантов: внесения лесной подстилки из смешанного по составу насаждения в дозах 10 и 20 кг/м², о разложении пестицидов сапрофитами судили по результатам двух опытных участков, заложенных в 2000 и 2003 гг. Как следует из данных табл. 1, больший выход семян нормального фенотипа, коррелирующий с биологической активностью почвы, дает внесение в почву подстилки в количестве 20 кг/м², что составляет около 10 % от веса 15-сантиметрового слоя почвы делянки площадью 1 м².

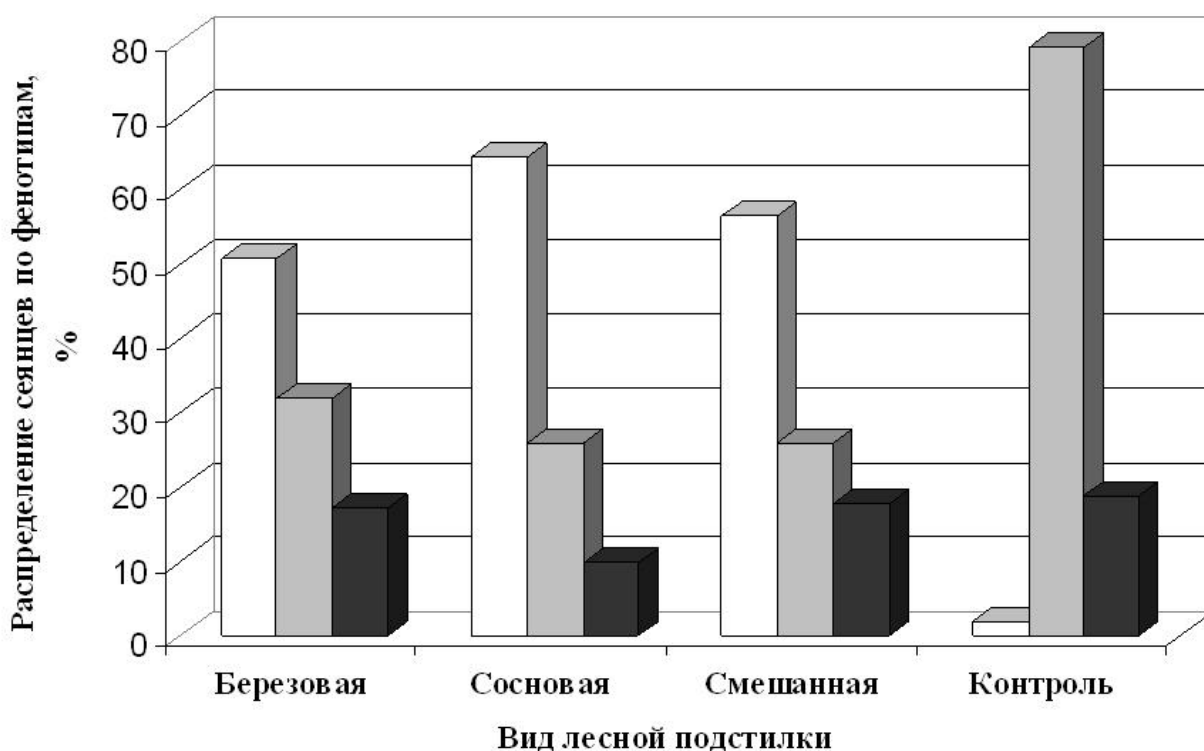
Таблица 1

Распределение 2-летних семян сосны по фенотипам в вариантах опыта и биологическая активность почвы

Доза внесения лесной подстилки, кг/м ²	Интенсивность дыхания, мг СО ₂ на 100 г абс. сух. почвы		Активность каталазы*, мл О ₂ на 1 г почвы за 1 мин	Распределение семян по фенотипам, %				Количество семян на 1 пог. м
	1-й год	2-й год		нормальные	условно нормальные	аномальные	всего тератоморфных	
Опытный участок 1 Внесение лесной подстилки (сосна, береза) и посев сосны весной 2000 г.								
10	2,25	1,59	1,0	15,1	65,7	19,2	84,9	97
20	4,75	1,73	1,3	40,4	38,8	20,8	59,6	103
Контроль	0,88	0,67	1,1	0,3	88,7	11,0	99,7	97
Опытный участок 2 Внесение лесной подстилки (сосна, береза) и посев сосны весной 2003 г.								
10	1,74	1,08	1,5	22,2	72,7	5,1	77,8	138
20	3,31	1,56	1,9	32,9	60,7	6,4	67,1	109
Контроль	0,10	0,76	0,7	1,0	89,3	9,7	99,0	109
* Активность каталазы в почве устанавливалась на второй год выращивания семян.								

Опыт второй включал исследование трех вариантов лесной подстилки: 1-й – из насаждения березы (березовая), 2-й – сосны (сосновая), 3-й – смешанного по породному составу насаждения (смешанная) и 4-й вариант – контроль. Внесение лесной подстилки в дозе 20 кг/м² независимо от породного состава насаждения, где она была взята, положительно сказывается на деструкции пестицидов, что выражается в преобладании во всех ва-

риантах опыта сеянцев нормального фенотипа (рисунок). Последнее, на наш взгляд, обусловлено повышенной деятельностью сапрофитов, количество которых выше, чем на контроле, о чем свидетельствует активность каталазы (табл. 2). В то же время изучение в конце второго вегетационного сезона водно-физических свойств почвы и активной кислотности не выявило значительных различий вариантов опыта. В 1-м, 2-м, 3-м, 4-м вариантах плотность почвы составляет: 1,10; 1,16; 1,09; 1,04 г·см⁻³, аэрация – 48,0; 45,0; 45,5; 44,5 %, активная кислотность (водная вытяжка) – 5,35; 5,30; 5,23; 4,95 соответственно.



Распределение 2-летних сеянцев сосны по фенотипам в вариантах опыта по внесению в почву подстилки из насаждений разного породного состава:
 □ - нормальные; ▒ - условно нормальные; ■ - аномальные

Сравнение влияния различных лесных подстилок на трансформацию пестицидов показало, что более эффективные действия сапрофитов связаны с подстилкой из соснового насаждения. Последняя отличается резко выраженной кислой реакцией и более других богата грибами. Из научных публикаций известно, что опад хвойных пород разлагается преимущественно грибами, которые, обладая мощным ферментативным аппаратом, являются наиболее активными разрушителями труднодоступных органических соединений [15].

Таблица 2

Динамика активности каталазы и интенсивности дыхания почвы
за период наблюдений

№ ва-ри-ан-та	Вид лесной подстилки	Интенсивность дыхания, мг CO ₂ на 100 г абс. сух. почвы				Активность каталазы, мл O ₂ на 1 г почвы за 1 мин			
		1-й год		2-й год		1-й год		2-й год	
		Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Август	Июнь	Ав-густ
1	Березовая	0,55	0,41	1,23	1,07	1,0	1,4	1,5	1,6
2	Сосновая	0,73	0,90	-	1,24	1,1	1,2	1,8	1,9
3	Смешанная	0,67	0,65	1,22	2,13	1,0	1,2	1,5	1,9
4	Контроль	0,43	0,80	0,33	0,73	0,8	1,0	1,2	1,2

Таким образом, в первых экспериментах по выяснению кооперативно-го действия микроорганизмов для устранения пестицидного загрязнения почвы лесных питомников были установлены оптимальные количества подстилки из разных по составу насаждений для биоремедиации почв и, как можно с большой долей вероятности предположить, более значительная для деструктуризации пестицидов эффективность лесной подстилки сосновых насаждений в связи с большой насыщенностью ее грибами-сапрофитами.

Библиографический список

1. Яблоков А.В. Об отрицательных последствиях применения пестицидов // Сельскохозяйственная биология. 1988. № 3. С. 99-105.
2. Яблоков А.В. Ядовитая приправа. М.: Мысль, 1990. 125 с.
3. Захаренко В.А. Гербициды. М.: Агропромиздат, 1990. 240 с.
4. Фрейберг И.А., Ермакова М.В., Стеценко С.К. Модификационная изменчивость сосны обыкновенной в условиях пестицидного загрязнения. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. 74 с.
5. Федоров А.А. Тератология и формообразование у растений. Комаровские чтения XI. М.; Л.: АН СССР, 1958. 28 с.
6. Лебедева Г.Ф. и др. Гербициды и почва / Г.Ф. Лебедева, В.И. Агапов, Ю.Н. Благовещенский, В.П. Самсонова. М.: Изд-во МГУ, 1990. 206 с.
7. Лунев М.И. Методические и экономические аспекты контроля гербицидной фитотоксичности почв в земледелии // Тр. 5 Всесоюз. совещ. по исслед. миграции загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Л., 1989. С.91–95.
8. Цукерман В.Г., Чавар Э.Я. Прогноз разложения и накопления пестицидов в почве // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. Л.: Гидрометеоздат, 1989. С. 114–121.

9. Иванова А.С. Последствия применения стойких хлорорганических пестицидов в садах Крыма // Агрохимия. 2001. № 3. С. 42–50.

10. Питина М.Р и др. Современный уровень и перспективные направления защиты сельхоз-культур от нежелательных последствий применения гербицидов / М.Р. Питина, Н.Л. Познанская, В.К. Промоненков, Н.И. Швецов-Шиловский // Агрохимия. 1986. № 4. С. 107–136.

11. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почвы. М.: Изд-во МГУ, 1989. 336 с.

12. Ткаченко М.Е. Общее лесоводство. М.;Л.: Гослесбумиздат, 1952. 589 с.

13. Ведрова Э.Ф.Разложение органического вещества лесных подстилок // Почвоведение. 1997. №2. С. 216-223.

14. Коваленко Л.А., Бабушкина Л.Г. Биологическая активность лесных почв как показатель уровня адаптации почвенных экосистем к техногенному воздействию. Екатеринбург: УрГСХА, 2003. 170 с.

15. Роде А.А., Смирнов В.Н. Почвоведение. М.: Высш. шк., 1972. 480 с.



УДК 630*182.91.231

**М.В. Чугайнова, О.Н. Сандаков,
В.А. Грачев, П.А. Силин, А.А. Зверев**
(M.V. Chugainova, O.N. Sandakova,
V.A. Grachev, P.A. Silin, A.A. Zverev)

(Уральский государственный лесотехнический университет)



Чугайнова Марина Васильевна родилась в 1965 г., окончила в 1989 г. Уральский лесотехнический институт, аспирантка кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 5 работ по проблеме оптимизации рубок спелых и перестойных насаждений.



Сандаков Олег Николаевич родился в 1965 г., окончил в 1991 г. Уральский лесотехнический институт, в 2002 г. – Уральский государственный экономический университет. Аспирант кафедры лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета. Имеет 3 работы по проблеме ветровала.